

# Техніка і технології

УДК 622.276.054

## ВИКОРИСТАННЯ ТРУБНИХ І ГРАВІЙНИХ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ НАДХОДЖЕННЯ ПІСКУ ІЗ ПЛАСТА У СВЕРДЛОВИНУ

Р.М. Кондрат, Н.С. Дремлюх

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727141,  
e-mail: [public@nuing.edu.ua](mailto:public@nuing.edu.ua)

Наведено розподіл фільтрів, які використовують для запобігання надходження піску із пласта у свердловину за конструкцією і технологією виготовлення. Описано причини поступлення піску у свердловину, оснащені протипісочними фільтрами. Розглянуто трубні дріт'яні та щільні фільтри, фільтропакети, металокерамічні фільтри, підвісні гравійні фільтри, гравійно-намівні фільтри та умови їх ефективного застосування, раціональне співвідношення між розмірами щілин, отворів, зерен гравію і частинок піску. Охарактеризовано переваги і недоліки трубних фільтрів. Висвітлено технології створення гравійно-намівних фільтрів всередині перфорованої обсадної колони труб і гравійних фільтрів з верхнім і нижнім наміванням. Описано технології і матеріали, які використовують для пластового створення гравійних набивок. Розглянуто самоочисний піщаний фільтр, багатошарові дріт'яні фільтри, які затримують тонкий пластовий пісок без зовнішнього гравійного обсыпання, багатошаровий фільтр із щільним фільтром ФС-1 над ним. Наведено область ефективного використання фільтрів різних типів. Показано високу ефективність використання гравійних фільтрів, обґрунтовані напрями їх вдосконалення.

Ключові слова: нестійкі колектори, піскоутворення, свердловинні фільтри, очищення фільтрів, гравійні фільтри.

Приведено распределение фильтров, которые используют для предотвращения поступления песка из пласта в скважину по конструкции и технологии изготовления. Описаны причины поступления песка в скважины, оборудованные противопесочными фильтрами. Рассмотрены трубные проволоочные и целевые фильтры, фильтропакеты, металлокерамические фильтры, подвесные гравийные фильтры, гравийно-намывные фильтры и условия их эффективного использования, рациональное соотношение между размерами щелей, отверстий, зерен гравия и частиц пластового песка. Охарактеризованы преимущества и недостатки трубных фильтров. Освещены технологии создания гравийно-намывных фильтров внутри перфорированной обсадной колонны труб и гравийных фильтров с верхним и нижним намывом. Описаны технологии и материалы, которые используют для создания гравийных набивок. Рассмотрены самоочищающийся песочный фильтр, многослойные проволоочные фильтры, которые задерживают тонкий пластовый песок без внешней гравийной обсыпки и многослойный фильтр с целевым фильтром ФС-1 над ним. Приведена область эффективного использования фильтров различных типов. Показана высокая эффективность использования гравийных фильтров, обоснованы направления их совершенствования.

Ключевые слова: неустойчивые коллекторы, пескообразование, скважинные фильтры, очистка фильтров, гравийные фильтры.

The distribution of filters that are used for the prevention of sand entry into the wellbore based on the design and production technology was shown. Reasons of the sand entry into the wellbore which are equipped with sand filters were described. Pipe wire-wrapped filters and slotted filters, filter packs, sintered metal filters, suspended gravel-packed filters, gravel-precoat filters and conditions for their effective utilization, rational correlation among the size of gaps, holes, gravel grains and formation sand particles were viewed. Advantages and disadvantages of pipe filters were defined. Creation technology of gravel-precoat filters inside the perforated casing pipe and gravel filters with upper and lower deposition was shown. Technologies and materials that were used to create gravel packs were described. Self-cleaning sand filter and multi-wire filters that trap thin sand formation without external gravel package, multilayer filter with slotted filter FS-1 above it were viewed. The field of effective usage of various filters was considered. High usage efficiency of gravel filters was shown; methods for their improvement were established.

Keywords: unstable manifolds, sand formation, well filters, filter cleaning, gravel filters.



а) гравійні; б) щілинні; в) перфоровані; г) дротяні;  
д) сітчасті; ж) фільтр з опорним елементом.

**Рисунок 1 – Свердловинні фільтри**

Проблема експлуатації свердловин у нестійких колекторах виникла у початковий період промислового видобування нафти і газу [1]. Щорічно витрачаються значні кошти на очищення свердловин від пластового піску і ліквідацію ускладнень, пов'язаних з його винесенням із пласта.

Досвід експлуатації свердловин у нестійких колекторах свідчить, що найбільш ефективним методом боротьби з піскопроявами є встановлення спеціальних фільтрів в експлуатаційній колонії, що перешкоджають надходженню піску із пласта в свердловину [2].

Під фільтрами розуміють різні пристрої для затримання піску [3]. Суть використання їх полягає у затриманні частинок піску продуктивного пласта навколо отворів штучного фільтра. Фільтр повинен затримувати 70-80% (за масою) великих частинок породи пласта і пропускати дрібні частинки (не більше 20-30%). За цієї умови буде збережено механічну стійкість скелета пласта, хоч слід намагатися затримувати усі частинки породи [4]. Фільтр повинен пропускати пластові флюїди і створювати при цьому мінімальний гідравлічний опір, запобігати проникненню твердої фази в свердловину, утворенню піщаних корків на вибоях і суттєвому зниженню дебіту свердловини [5, 6].

У фільтрах найважливішими конструктивними параметрами є розміри щілин по відно-

шенню до діаметру частинок пластового піску, що виноситься (рисунок 1).

Розміри щілин проектує такими, щоб повністю запобігти винесенню піску при допустимій продуктивності свердловини. Ця задача розв'язується шляхом вибору оптимального співвідношення розмірів щілин і піску [7].

Поступлення піску у свердловини, оснащені протипісочними фільтрами, зумовлено такими причинами [8]:

- неправильний вибір розмірів міжвиткових зазорів фільтрів через відсутність достовірних даних про гранулометричний склад порід пласта вздовж зони екранування;

- збільшення питомого навантаження на поверхню фільтроелементів і як наслідок – їх руйнування із-за кольматації частини поверхні глинистими складовими порід;

- тривалий період роботи свердловини без достатньої гравійної набивки по периметру фільтроелементів, що призводить до ерозійного руйнування;

- недостатня міцність матеріалу фільтроелементів від ерозійно-корозійного зношування в період експлуатації.

Аналіз роботи протипісочних фільтрів, які випускаються вітчизняною і зарубіжною промисловістю і використовуються в нафтогазовій практиці, свідчить, що фільтри повинні відповідати таким основним вимогам [9, 10]:

- надійність і простота в експлуатації;
- здатність відділяти великі фракції піску від малих фракцій;
- збереження структури і проникності пористого середовища;
- володіння необхідною механічною міцністю і достатньою стійкістю проти корозії і ерозії;
- забезпечення надійного гідродинамічного зв'язку з пластом і суфозійної стійкості порід у привибійній зоні;
- низька засмічуваність і можливість очищення фільтра без піднімання на поверхню.

За конструкцією і технологією виготовлення розрізняють трубні, гравійні і металокерамічні фільтри.

Трубні фільтри виготовляють із труб і опускають у свердловину на обсадних трубах під час спорудження свердловини або з допомогою колони насосно-компресорних труб (НКТ) всередину обсадної колони. Їх поділяють на прості (з розмірами отворів 1,5-20 мм і щілин 0,4-0,5 мм на трубі) і складні, що утворені з простих намотуванням дроту (дротяні), встановленням кнопок (кнопочкові), кільця (кільцеві) і фільтропакетів [4].

**Щілинні фільтри.** Найдешевшими є щілинні фільтри, які представляють собою трубу з різним розміщенням горизонтальних або вертикальних щілин [11]. Ширина вертикальних щілин із паралельними стінками коливається в межах 0,3-12,7 мм, а вертикальних, розширених всередину щілин – 0,5-12,7 мм. Ширина горизонтально нарізаних, розширених всередину щілин становить 0,25-2,29 мм [4].

Фільтри з горизонтальним розміщенням щілин чинять опір радіальним деформаціям, які виникають в момент захоплення їх ловильними інструментами при витягуванні їх на поверхню, але вони виявляють недостатню міцність під дією розтягуючих вертикальних навантажень і поперечному згині. Тому найчастіше використовують фільтри з різним розміщенням вертикальних щілин [5].

До недавнього часу найбільш широко застосовували щілинні фільтри, що представляють собою сталеву перфоровану трубу НКТ, на яку через повздовжні стрингери з певним зазором намотано дріт з нержавіючої сталі. Вся конструкція скріплена контактним зварюванням [12]. Такі фільтри часто мають відмови з причини кольматації застійних зон між дротяною опліткою і трубним каркасом. Крім того, дослідженнями встановлено, що при тривалій експлуатації на сталевому корпусі фільтра скупчуються сольові відкладення пластової води. Ці солі перекривають перфоровані отвори в каркасі і знижують пропускну здатність фільтра.

Компанія СП «Углеводородные Скважинные Системы» виготовляє щілинні фільтри особливої конструкції з нержавіючого дроту з трикутним перерізом, який намотаний на повздовжній каркас [6]. Отвір трикутного перерізу створює ефект сопла під час зворотного промивання фільтра, а коли експлуатація фільтра ведеться інтенсивно, компанія пропонує

фільтроелементи спеціальної зносостійкої конструкції.

У даний час розроблені і серійно випускаються безкаркасні фільтри виробництва ООО «ЛЭМЗ» [13]. Такі фільтри не мають трубного каркасу і виконані повністю з нержавіючого дроту, що дає змогу їх експлуатації в агресивному середовищі і виключає виникнення сольових відкладень. Важливим чинником у запобіганні закупорювання піском як окремих частин так і всього фільтра є форма і розмір самої щілини. На сьогодні фільтри виробництва ООО «ЛЭМЗ» вдало зарекомендували себе як у водозабірних, нафто- і газовидобувних свердловинах, так і у свердловинах на підземних сховищах газу (ПСГ).

У 2010 році в ОАО «СевКавНИПИгаз» в результаті стендових досліджень безкаркасного щілинного фільтра було підтверджено його ефективність під час експлуатації і капітальному ремонті свердловин, а також зроблено висновок про те, що безкаркасні фільтри мають ряд переваг перед каркасними і їх використання є ефективнішим [13].

ЗАО «ПО СТРОНГ» (м. Санкт-Петербург) виготовляє свердловинні щілинні фільтри (ФСЩ) для закінчування горизонтальних свердловин [6]. Щілинні фільтри розробляють для слабозцементованих колекторів, конструктивно виконують для будь-якого діаметру обсадної колони. Фільтроелементи (основні комплектуючі фільтрів ФСЩ) виготовляють з високоточного V-взірцевого профілю. Ступінь фільтрації визначається згідно розміру щілини, який підбирають на підставі даних замовника щодо встановлення фільтра. Мінімальний розмір щілини фільтроелементів – 30 мкм. Фільтроелементи мають велику кількість опорних елементів, які збільшують їх міцнісні характеристики в осьовому і радіальному напрямках.

За час ремонту щілинні фільтри очищують і промивають без розбирання [14]. Елементи розбирають тільки для заміни пошкоджених пластин. Під час ремонту перевіряють зазор між пластинами, який повинен бути не більше 0,05 мм.

Щілинні фільтри, незважаючи на дешевизну, отримали обмежене застосування внаслідок малої вихідної площі, схильні до корозії і ерозії, оскільки виготовляють їх в основному з низьковуглецевої сталі [11]. Недоліком щілинних фільтрів є також зниження продуктивності свердловин і складність вилучення фільтрів на поверхню.

**Дротяні фільтри.** Дротяні фільтри є більш досконалими [15]. Дротяні фільтри представляють собою трубу з великою кількістю радіальних отворів або пазів, на зовнішній поверхні якої навивається калібрований дріт круглого або трапецієдального перерізу [16]. Ширина щілин повинна бути до 0,076 мм [7].

Серед дротяних фільтрів розрізняють фільтри, в яких: а) дріт намотано безпосередньо на трубу; б) аналогічно на жолобчастий корпус; в) аналогічно на підкладні ребра; г) дріт намотано на підкладні ребра з точковим зварюванням дроту в усіх контактах [4].

Дротяні фільтри, в яких дріт намотано на трубу, мають найменшу пропускну здатність із всіх видів дротяних фільтрів на трубчастому каркасі, а фільтри з підкладними ребрами із зварюванням дроту у всіх точках контактів характеризуються найбільшою пропускну здатністю [5].

У світовій практиці виготовлення фільтрів спостерігається тенденція заміни різноманітних конструкцій на дротяні фільтри. Дротяні фільтри, одну з перших конструкцій яких розробив В.С. Бояринцев у 1952 р., зазнали суттєвих змін [5]. Перш за все, це стосується переходу з круглого перерізу дроту на фігурний. У процесі роботи свердловини щілина заповнюється частинками породи і виникає розклинюючий ефект, який сприяє інтенсивному ущільненню породи і, як результат, закупорюванню фільтру. Закупорювання щілин за наявності в пласті дрібних фракцій піску і глинистого матеріалу, неоднорідності гравійної набивки, наявності в ній коьматантів відбувається досить швидко. Дрібні частини і коьматант цементують поровий простір між більш великими частинами, які знаходяться в контакт з поверхнею дроту, багаторазово знижуючи ефективну фільтруючу поверхню.

Фільтри RBWWS з точковим зварюванням дроту в усіх контактах виготовляє фірма "con-slot SCREENS Development & Trading Entwicklungs und Vertriebsgesellschaft mbH" понад 20 років [7]. У результаті використання фільтрів RBWWS дебіт нафти у 2-3 рази більший, ніж у свердловинах, оснащених традиційними двоконтурними фільтрами. Для успішного використання фільтрів RBWWS необхідно знати гранулометричний склад порід у зоні розміщення свердловини або за родовищем згідно даних аналізу зразків порід з розвідувальних свердловин, якщо пласти мають однорідну структуру. За результатами гранулометричного аналізу порід вибирають конструкцію фільтра і необхідний матеріал.

ВНИИгазом розроблено дротяний фільтр для свердловин ФСК, що складається із перфорованого трубчастого корпусу з розміщеними вздовж його твірної опорних стержнів, на які намотаний дріт трапецієдального перерізу [5]. Необхідний міжвитковий зазор досягається завдяки виступам на дроті, які отримали при його обтискуванні у процесі намотування (фільтр ФС), або за рахунок використання контактного зварювання для з'єднання дроту з опорними стержнями (фільтр ФСК). Фільтри типу ФСК виготовляють за допомогою напівавтоматичного пристрою. Фільтри ФСК використовують на Щелковському, Касимовському, Солоховському, Краснопольському, Базайському та інших підземних газосховищах, а також на нафтових родовищах Бузовни-Маштаги [5]. Завдяки використанню дротяних свердловинних фільтрів типу ФС дебіт свердловин збільшується на 20-50%, а в деяких випадках і більше. Досвід використання фільтрів ФС і ФСК у газових свердловинах показав їх переваги порівняно із сітчастими, гравійно-цементними і керамічними

фільтрами. За час експлуатації сітчасті фільтри повністю зруйнувалися і вийшли із ладу. Керамічні фільтри виявилися неміцними і часто розбивалися під час опускання або піднімання. Гравійно-цементні фільтри погано піддаються регенерації, вилучити їх на поверхню, як правило, не вдавалося. У той же час фільтри ФС і ФСК, як свідчать результати їх експлуатації, є надійними в роботі, мають високу міцність і здатність до регенерації властивостей практично до початкового рівня.

У процесі видобування нафти, пісок і інші домішки, які поступають із пласта, створюють серйозні ускладнення. Ефективними є свердловинні дротяні фільтри СП «УСС», які дають змогу зберігати структуру і проникність пласта, запобігати обвалам, зменшити зношення свердловинного обладнання [9]. Щоб фільтр не засмічувався, використовують щілини з трапецієдальним перерізом і визначеним кутом нахилу. Для збереження структури пласта і його проникності формують над щілиною так званий «міст» із двох гранул піску. При русі флюїду із пласта у свердловину над щілиною фільтра утворюється міст із піщинок, які зіштовхуються на вході, їх розміри перешкоджають їх одночасному проходженню крізь щілину. Важливим є те, що такий міст затримує великі піщинки, пропускаючи малі. Розмір піщинок, які утворюють міст, залежить від ширини щілини. Якщо щілину вибрано правильно, то створюється стійкий міст. Під час руйнування мости мають властивість відновлюватися миттєво. У невідсортованому піску, стійкі мости створюють, завдяки спеціальній методиці розрахунку ширини зазору, щілини фільтроелементу.

Відомі різні конструкції свердловинних фільтрів, з яких кращими є каркасно-дротяні з використанням дроту трапецієдального перерізу [17]. Цей фільтр складається із перфорованого корпусу (НКТ), вздовж твірної розміщено опорні стержні, виконані з дроту трапецієдального перерізу, на які намотано дріт також трапецієдального перерізу з кутом розкриття 8–12° в напрямку руху пластового флюїду. Для запобігання порушень міжвиткового зазору витки дроту зварюють чотирма повздовжніми швами по твірній корпусу. Опорні стержні після намотування дроту приварюють до корпусу і спеціальною обойми. Секції фільтра з'єднують за допомогою спеціальних муфт.

Дротяно-зварювальні фільтри являють собою перфорований каркас із НКТ діаметром 89 мм з 21 опорними поздовжніми стержнями, на які намотано профільований у вигляді трапеції дріт із легованої сталі [18]. Дріт і стержні з'єднані електроконтактним зварюванням в кожній точці дотику. Зовнішній діаметр фільтра – 104 мм, внутрішній – 76 мм, зазор між витками 0,25 мм.

Для кородуючих середовищ фільтри можна виготовляти зі спеціальних стопів. Наприклад, дріт і корпус фільтра можуть бути з низьковуглецевої сталі, нержавіючої сталі марки 304 або марки 316, із стопів монель, інконель, хастеллой або карпентер 20 [4].

Дротяні фільтри менше піддаються ерозії і корозії порівняно зі щілинними фільтрами, мають вищу пропускну здатність. Однак вартість дротяних фільтрів більша від щілинних [5].

**Сітчасті фільтри.** Сітчасті протипісочні фільтри використовують у свердловинах з відкритим вибоєм. При виготовленні сітчастих фільтрів використовують сітки із нержавіючої, хімічно стійкої сталі. Дренажні сітки забезпечують рівномірне розподілення рідини або газу по всій поверхні сталі [19].

З 1993 року використовують сітчастий фільтр УППСС-168, розроблений спеціалістами ПО "Надымгазпром". Фільтр складається із трьох типорозмірних труб і вузла очищення свердловинного фільтра [5].

У даний час для запобігання надходження піску використовують сітчастий фільтр РогоМах [20]. Сітчасті елементи фільтра оснащені спеціальним запобіжним "кожухом", який захищає фільтруючі матеріали. Сітчасті фільтри РогоМах характеризуються стійкістю до засмічення комірком, забезпечують підвищення темпів видобування флюїдів і продовження періоду експлуатації свердловин.

ЗАО НПП «Самарские горизонты» виготовляє свердловинні фільтри (закритий сітчастий багатошаровий фільтр ФЗСМ, патент РФ на корисну модель № 38827). Свердловинний фільтр представляє собою сталеву перфоровану трубу. Отвори в трубі під час монтажу фільтра заглушені алюмінієвими корками, що забезпечують герметичність фільтра при тиску до 5 МПа. На поверхні труби укладено три шари сітки з нержавіючої сталі. Дренажні сітки дозволяють рівномірно розподіляти рідину або газ по всій поверхні фільтра. Шар фільтрувальної сітки має дрібну клітинку. Поверхня фільтра покрита захисним перфорованим "кожухом" з нержавіючої сталі. Фільтруючі властивості фільтра зберігаються за будь-яких навантажень [6].

Лобненська геологорозвідувальна експедиція розробила і впровадила у виробництво сітки із полімеру лавсан для свердловинних фільтрів. Лавсанові фільтрові сітки з успіхом замінюють сітки, виготовлені з дефіцитних кольорових металів і нержавіючої сталі [21]. Сітки із лавсану міцніші за латунні сітки на протискування в 1,7 разів, по зношенню на стирання в декілька сотень разів, еластичніші металічних, не змінюють фізико-хімічних властивостей в діапазоні температур 60 – 90 °С. Широке використання лавсанові фільтри отримали на газових свердловинах і підземних сховищах газу. Вони забезпечують високі дебіти без винесення піску, стійкі при депресіях тиску на пласт, які перевищують 2 МПа.

В кнопкових фільтрах, після нетривалого перебування їх в свердловині, кнопки під дією пластової води і піску руйнуються і випадають, що порушує умови роботи фільтра, призводить до зниження продуктивності свердловини [22].

**Фільтропакети.** Інститутом УкрНДІгаз розроблено фільтри, які опускають або на експлуатаційній колоні в процесі закінчення спо-

рудження свердловини, або на НКТ [4]. Фільтр К-168-Н опускають на експлуатаційній колоні. Фільтр складається з обсадної труби, в якій зроблено отвори діаметром 26–30 мм. Отвори фільтра перекривають фільтропакетом з 14-15 шарами лавсанової сітки. Фільтропакет закріплено на трубі металевими стрічками за допомогою електрозварювання. Щоб запобігти глинізації, фільтропакети заповнюють милом або розрідженим бітумом, які під час освоєння свердловин розмиваються водою або газовим конденсатом. Перевага фільтра в тому, що він максимально наближений до пласта і конструктивно простий, його можна виготовити в промислових умовах. Фільтр встановлюють із законними пакерами. Фільтр К-168-Н пройшов промислові випробування на родовищі Медвеже, а також на родовищах ДАТ "Чорноморнафтогаз" (на останніх застосовували дещо змінену конструкцію).

Використовують фільтр ФІЛ-1 з лавсановим фільтруючим елементом, який опускають на колоні НКТ [4]. При встановленні фільтра кожна секція споряджується гумовим, дюралевим або іншим центратором, який легко розбурюють. Перевага фільтра ФІЛ-1 – простота конструкції та високі експлуатаційні якості. Відсутність виступаючих елементів (муфт) дає змогу в разі потреби витягувати фільтр без розбурювання. Фільтри ФІЛ-1 використовують на Червонопартизанському підземному сховищі газу. Фільтри пропускають буровий розчин і затримують пісок. Максимальний дебіт газу становив 260 тис. м<sup>3</sup>/д, але з часом фільтри виходили з ладу і потребували ремонту.

**Металокерамічні фільтри.** Одним із перспективних методів боротьби з винесенням піску є використання металокерамічних фільтрів. Їх виготовляють шляхом пресування металевго порошку і кераміки в сталевих пресформах, які мають форму фільтрувальних елементів, з подальшим спіканням у печах за високої температури (1200°C) у середовищі водню [4]. Металокерамічні фільтри мають здатність затримувати тверді частини будь-якого заданого розміру [5]. Металокерамічні фільтри для газової свердловини збирають із окремих з'єднаних між собою секцій, кожна з яких складається із перфорованої труби і металокерамічного елемента із зазором між ними близько 5 мм з кожної сторони. Для забезпечення зазору через кожні чотири металокерамічні елементи встановлюють центрувальні кільця, які одночасно є і спрямовуючими, оскільки центрують фільтр у стовбурі свердловини і захищають фільтруючі елементи від руйнування під час опускання фільтра в свердловину. Фільтр опускають у свердловину за допомогою НКТ або спеціального пакера зі свинцевим або гумовим кільцем для запобігання поступленню піску вище фільтрової зони [4]. Металокерамічні фільтри характеризуються корозійною стійкістю, теплостійкістю і теплопровідністю, їм властива достатньо висока міцність і пластичність, що дає можливість витримувати високі перепади тиску, легко піддаються механічній обробці і зварюван-



ною, володіють малим гідравлічним опором і затримують найдрібніші фракції піску. Металокерамічні фільтри чинять опір різким коливанням температур, не засмічують фільтруючий продукт матеріалами фільтру, добре регенеруються майже до повного відновлення своїх початкових властивостей, не складні у виготовленні [23]. У процесі експлуатації їх проникність, як і будь-яких інших фільтрів, знижується, проте при проведенні зворотного промивання проникність відновлюється майже до початкового значення [5].

**Фільтри інших видів.** На родовищі Медвеже в період 1984-1986 рр. використовували протипісочний свердловинний фільтр із титановими фільтруючими елементами ПСТФЕ-3 конструкції УкрНДІгазу [5]. Фільтруючий елемент конструкції – це високопроникний, виконаний із титанового порошку елемент довжиною 0,6 м, діаметром 90 мм, з порами 150-200 мкм і пористістю, рівною 32-40%. Елемент володіє високою міцністю, корозійною і термічною стійкістю. Незважаючи на те, що по всіх свердловинах отримали позитивні результати, слід звернути увагу на недоліки цих фільтрів: титанові елементи є досить дорогими, при їх виготовленні використовується складна технологія, титанові елементи витримують перепад тиску до 0,6 МПа.

Відомий також фільтр О.М. Чарієва, який складається із металічного перфорованого корпусу і внутрішнього фільтруючого елемента [5]. Фільтруючий елемент із зернистого наповнювача поміщений в оболонку із склотканини. Зерна наповнювача зв'язані між собою за допомогою оболонки епоксидної смоли марки ЕД-5, ЕД-6. В якості зернистого наповнювача використовують кварцовий пісок, скляні або поліетиленові кульки. Однак ці фільтри в даний час промисловістю уже не випускаються.

Починаючи з 1987 року на Медвежевому родовищі пройшли випробування склопластикові фільтри (ФСОГ) різних модифікацій, які виготовляє Боровський ізоляційний завод [5]. Склопластик представляє собою композиційний матеріал, арматуру якого виконано у вигляді скляних ниток – наповнювачів, які забезпечують міцність і твердість системи. В якості зв'язуючого матеріалу використовують епоксидно-дієнову смолу. У процесі встановлення склопластикових фільтрів на Медвежевому родовищі були виявлені недоліки у конструкції: крихкість; роз'їдання фільтру при прямій дії струменя газу з піском навпроти перфораційних отворів. При вилученні із свердловини зруйнованих фільтрів виникає ряд проблем, зокрема, підняття НКТ із свердловин, як правило, із залишенням фільтруючих елементів. Для очищення вибою фільтруючі елементи необхідно розбудувати. У даний час на Медвежевому родовищі відмовилися від використання склопластикових фільтрів.

У процесі опускання фільтра в горизонтальну свердловину необхідно забезпечити його стійкість на зминання при аномальних тисках, збереження форми фільтра, яка впливає на

якість фільтрації. Перфораційні фільтри відповідають цим вимогам і використовують з різними технологіями, які покращують фільтрацію флюїдів через них [19].

У свердловинах з дуже високими температурами (200-370 °С) або у свердловинах для запомповування перегрітої пари, в яких через різницю між величинами теплового розширення обвитки з нержавіючої сталі і трубчастого корпусу фільтра з вуглецевої сталі може порушитися або послабитися фільтр, відділення "Johnson" фірми "UOP" розробило фільтр, в якому до одного з кінців кожної секції фільтра прикріплено кільце механічного розширення, яке рухається по трубі залежно від диференціального розширення або стискання [4].

Піщані фільтри традиційно використовують для попередження надходження піску в свердловину, але суттєвим недоліком їх є те, що фільтри можуть засмічуватися і, в кінцевому результаті, заблокуватися [24]. В результаті зменшується видобуток вуглеводнів і знижується рентабельність свердловини. Відновлення видобутку – коштовна операція, оскільки для видалення піску необхідно піднімати із свердловини свердловинний насос і піщаний фільтр, який необхідно очистити або замінити.

Самоочисний піщаний фільтр, який випробуваний в центрі RMOCS (США) не має таких обмежень – як тільки пісок починає поступати до стінок фільтра, спрацьовує механізм зворотного змивання і одночасної вібрації [24]. Процес очищення триває менше однієї хвилини. Пісок відводиться в спеціальний шурф. Оператори, які використовують даний інструмент, позбавлені від виконання складної і дорогої операції очищення або ремонту піщаного фільтра. Рух флюїдів не порушується, що, в кінцевому результаті, впливає на збільшення видобутку флюїдів із свердловини.

Фільтр розміщується в свердловині нижче свердловинного насоса і забезпечений окремою лінією для активації механізму зворотного змивання. Механізм зворотного змивання представляє собою потужну гідравлічну систему, яка видаляє з поверхні тверді частини з допомогою потоку повітря, інертного газу, води, пари з або без домішок. Потужні пульсуючі струмені подають по всьому простору (довжині і поверхні отвору) внутрішньої поверхні фільтру. Додатковий фільтр, який розміщений у верхній частині механізму змивання, попереджує попадання бруду і твердих частинок у струминну систему. Цей невеликий фільтр активується одночасно з усією системою. Вібратор з гідравлічним приводом передає енергію двом частинам системи і на поверхню пластовим флюїдам. У процесі очищення вібрація забезпечує вільне переміщення відсіяних твердих частинок і допомагає звільнити поверхню фільтра. Висока частота вібрації дає змогу також очистити експлуатаційну колону від фільтраційної кірки. Вібрація впливає на виклик свердловинних флюїдів які перебувають безпосередньо близько від фільтру, що прискорює переміщення частин, які змиваються у спеціальний шурф.

**Гравійні фільтри.** Найбільш ефективним способом запобігання піскопроявлень є гравійні фільтри, які використовують в Україні і за кордоном. До гравійних належать фільтри, в яких фільтруюча поверхня складається із штучно введеного гравію (піску), розміщеного навколо опорних фільтрів-каркасів [25].

Гравійні фільтри поділяють на [4]:

а) підвісні гравійно-трубні, які створені на поверхні (шар гравію в зазорі між двома концентричними перфорованими трубами);

б) гравійно-намівні, які створені у свердловині (намівання шару твердих частинок за стінки перфорованої труби).

Гравійні фільтри можуть ефективно працювати тільки при правильно підібраній ширині щілин або розмірів зерен гравію (точніше, піску з більшими розмірами частинок) з урахуванням гранулометричного складу пластового піску. Важливими є й інші параметри, зокрема характеристики гравію, ступінь ущільнення і якість матеріалу, конфігурація щілин і конструкція фільтра.

Розмір зерен гравію вибирають на основі ситового аналізу візців пластового піску. Основна умова – діаметр зерен гравію повинен перевищувати в десять разів розмір зерен піску, який складає продуктивний пласт [26]. Щоб повністю затримувати всі пластові піщинки, необхідно при виборі гравію орієнтуватися на найтонші фракції пластового піску, присутні в продуктивному інтервалі [4]. Вчений Роджерс рекомендує використовувати гравій, який складається не менше, ніж на 95 % з кварцу і силікатних матеріалів, а в ньому не повинні міститися “м’які” або “грунтові” мінерали, такі як сланці, гіпс або ангідрид [27]. Погана якість гравійного матеріалу несприятливо впливає на продуктивність свердловини. До чинників, що впливають на проникність гравію відносять: помутніння потоку, розмір і форма частинок, пористість, розподілення зерен за розмірами [27].

Проникність фільтра типу гравійного може бути значно підвищена, якщо замість кварцового піску використовувати матеріали з подвійною пористістю і проникністю, які за принципом закону адитивності збільшують пористість гравійної набивки і багаторазово підвищують її фільтруючі властивості. В ролі таких матеріалів фірмою “СредАзНИПИнефть” запропоновано використовувати порізоване вугілля, спучений “роздутый” перліт і керамзит [28]. Результати експериментальних і стендових досліджень свідчать, що проникність фільтра із наведених матеріалів зростає в 1,5-2,3 раза порівняно з гравійними фільтрами з монолітних зерен кварцового піску. Шляхом регулювання концентрації нових наповнювачів у в’язучому розчині, в межах докритичного, критичного і післякритичного співвідношень, можна отримати фільтрувальні камені з проникністю від 0,05 до 6-7 мкм<sup>2</sup>.

За даними роботи [29], ефективним способом запобігання надходження піску на нафтовому родовищі Кенкіяк є встановлення в сверд-

ловинах гравійних фільтрів (замість гравію використовують ракушняк).

Найбільших успіхів у створенні техніки і технології запобігання піскопроявлень за допомогою гравійних фільтрів за кордоном досягли фірми “Type Petroleum”, “Layens”, “Lokometik” (США) “Nagaoka” (Японія), “Schlumberger” (США - Франція) та ін. [10].

Найбільш ефективним і перспективним механічним способом запобігання піскопроявлень є створення гравійних фільтрів у процесі закінчування свердловин бурінням [10]. Суть технології полягає в наступному. Свердловина буриться і кріпиться до покритті продуктивного горизонту, який розкривається долотом меншого діаметру. Після цього проводять розширення стовбуру свердловини в продуктивному інтервалі, опускають фільтр з урахуванням перекриття продуктивного інтервалу і запомповують гравій в розширений інтервал між пластом і фільтром.

При одночасній експлуатації декількох пластів, серед яких тільки деякі необхідно обладнувати гравійними фільтрами, більшу перевагу надають гравійним фільтрам, що виготовлені на поверхні. Тут можна чергувати звичайні фільтри з гравійними [30].

**Гравійно-підвісні фільтри.** Підвісні гравійні фільтри затримують тонкий пластовий пісок без зовнішнього гравійного обсіпання [4]. Підвісні гравійні фільтри мають внутрішній шар гравію, що затримує пластовий пісок. Шар гравію іноді закріплюють смолою. Фільтри не встановлюють всередині обсадної колони, оскільки тоді необхідно робити зовнішнє гравійне обсіпання для заповнення за ними перфораційних каналів і каверн гравієм, інакше відбудеться значне зниження продуктивності. При встановленні фільтрів у відкритому вибої їх діаметр повинен бути дещо меншим від діаметра вибою, а це зумовлює заповнення зазору пластовою породою під час відбирання флюїдів із свердловини.

У 1995 році розроблено і виготовлено підвісний гравійний фільтр ФСП-168, який складається із захисного кожуха, всередині якого є фільтруюча труба. Фільтрами ФСП-168 були обладнані 4 свердловини Уренгойського нафтогазоконденсатного родовища [5].

**Гравійно-намівні фільтри.** У промисловій практиці для боротьби з винесенням піску із пласта у свердловину широко застосовування отримали гравійно-намівні фільтри. Такий фільтр являє собою щілинний фільтр-каркас, кільцевий простір між яким і стінкою свердловини заповнюють гравієм [28]. Намівання гравію може здійснюватись під тиском. У цьому випадку створюється напружений фільтр, при використанні якого не відбувається руйнування пласта під дією зсуву і розтягу [3]. Розмір щілин фільтра-каркаса вибирають залежно від гранулометричного складу порід пласта і розміру фракцій гравію, що використовується [28]. Довжина фільтра-каркаса визначається з умови перекриття ним всього інтервалу продуктивної частини пласта-колектора. Залежно від геолого-

технічних умов гравійно-намівні фільтри встановлюють у відкритому стовбурі, перфорованій частині обсадної колони або в розширеній привибійній зоні.

Відомий спосіб створення гравійного фільтра в свердловині включає розкриття продуктивного пласта, обладнання вибою перфорованою обсадною колоною, намівання гравію в простір обсадної колони в інтервалі перфорації і в простір каверни за обсадною колоною з гідроушільненням привибійної зони пласта (ПЗП) [31]. Для запобігання порушення компактності структури піску в ПЗП з утворенням каверни навколо стовбурів свердловини за рахунок відтискування від стовбурів свердловини пластового піску під тиском на пласт запомповують високов'язку рідину – зшитий гель. Потім в утворену каверну і в стовбур свердловини під тиском намівають гравійний засип з високопроникною намівною фракцією, яка слугить протипісочним екраном для пластового піску при роботі свердловини, виконану з полімернопокритого матеріалу з густиною, що перевищує густину пластового піску, щонайменше, в 3,5 раз. При цьому одночасно виконується умова щодо складу гравійного фільтра залежно від гранулометричного складу пластового піску. Відповідно до критерію Сосьє медіанний діаметр частинок фракції фільтра-екрану повинен бути більшим медіанного діаметру пластового піску в 5-6 разів. Технічним результатом є зниження витрат на намівання фільтру і часу на спуско-піднімальні операції.

Розроблено нові технології намівання гравію в перфораційні канали за допомогою в'язких рідин і вдосконалені методи перехресного намівання гравію, причому гравій намівають і в перфораційні канали, і навколо дротяних або щільних фільтрів. Відомий метод намівання гравію без введення його у перфораційні канали не рекомендується, не дивлячись на досить високі результати [4].

Методи намівання гравію всередині обсадної колони поділяють на одноетапні і двоетапні. У першому випадку намівання гравію у перфораційні канали виконують як окрему операцію. У другому випадку обидві операції намівання гравію у міжколонний простір і в перфораційні канали проводять тоді, коли на вибій вже встановлено дротяний або щільний фільтр [4].

Для ефективнішого уведення гравію в кожний перфораційний канал великого значення набувають склад рідини-носія і метод оброблення. Ефективність транспортування поліпшується за низьких концентрацій піску і високих витрат води.

Д.Д. Спарлін розробив принцип намівання гравію з подаванням його у вигляді густої пульпи, щоб уникнути зниження проникності, зумовленого контактним перемішуванням пластового піску і гравію [4]. Ідея способу полягає в зависанні гравію у в'язкій рідині (в нафті з динамічним коефіцієнтом в'язкості 0,2-1,0 Па·с за високих концентрацій – до 1,8 кг гравію на літр рідини) і запомповуванні цієї пульпи через

перфораційні канали за дуже малих витрат – 1,3 л/с або навіть ще менше. Д.Д. Спарлін також рекомендує вводити в пульпу склеювальний агент, який сприяє транспортуванню гравію без розпушування пульпи. Результати наступних робіт підтвердили необхідність використання в'язких рідин-носіїв і високих концентрацій гравію, але деякі дослідники надають перевагу проведенню процесу за високих витрат пульпи [4].

В умовах аномально низького пластового тиску і високої проникності продуктивного пласта встановлення гравійних фільтрів з використанням традиційних технологій ускладнено через інтенсивні поглинання продуктивними пластами рідини-пісконосія. Якісно розв'язати дану проблему дає змогу, розроблена у ОАО "СевКавНИПИгаз", технологія встановлення гравійних фільтрів у газовому середовищі [1]. Технологія забезпечує збереження колекторських властивостей продуктивного пласта в процесі спорудження гравійного фільтра за рахунок використання в якості агента-пісконосія природного газу, який запомповують у пласт.

Найбільш широко використовують гравійні фільтри з верхнім і нижнім наміванням. В обох випадках в центральній частині встановлюють механічний фільтр, який є трубою з просвердленими отворами, що обмотані дротом. Довжина механічного фільтра повинна перевищувати продуктивну зону пласта на 3 м, внутрішній діаметр фільтра становить 19-32 мм при умовному діаметрі колони ліфтових труб, через яку спускається фільтр 73 мм. Конструкцію гравійного фільтра вибирають з врахуванням умов експлуатації свердловини, а також можливості його вилучення в подальшому [32].

Намівання гравійного фільтру виконують із застосуванням колтюбінгової труби в тих випадках, коли бурова установка вже демонтована, дебіт свердловини малий, використовувати агрегати для підземного ремонту стандартного типу економічно недоцільно, а пласт характеризується високим тиском, і глушіння його небажане. Вибір гранулометричного складу гравійного фільтру здійснюють з тих же міркувань, що і при традиційній технології [32].

Намівні гравійні фільтри у відкритому стовбурі свердловини встановлюють там, де міцність привибійної зони дає можливість розширити стовбур свердловини. Ці фільтри мають низькі фільтраційні опори і, як наслідок, більш високу продуктивність порівняно із внутрішньоконними гравійними фільтрами або кріпленням привибійної зони хімічними реагентами [26].

Спорудженням гравійно-намівних фільтрів на родовищах і підземних сховищах газу з 1983 року займається підприємство "ВНИИгаз" (м. Москва). З того часу гравійними фільтрами обладнано понад 400 свердловин на Касимовському, Щелковському, Краснодарському, Базайському та інших підземних газосховищах, а також на Уренгойському нафтогазоконденсатному родовищі.



Успішне проведення робіт з намівання гравійних фільтрів. Якість намівних фільтрів залежить від виконання всіх технологічних вимог до процесу намівання. Одна з основних вимог – оптимальне регулювання подачі гравію в свердловину як за темпами, так і за загальною його кількістю. Контролювати процес намівання – це контролювати темп запомповування і кількість гравію, що запомповується. Принципово існують два основні методи контролю: масовим витратоміром або за динамікою рівня гравію в бункері [33].

**Гравійна набивка.** В останній час отримали поширення дротяні фільтри з гравійною набивкою, щоб відмовитися від процедури намівання гравію. Такі фільтри зменшують витрати на підготовку свердловини і збільшують швидкість монтажу хвостовика з фільтрами. Результати багаточисельних досліджень використання фільтрів з попередньою гравійною набивкою свідчать про їх практичну цінність за умови правильного підбору параметрів набивки залежно від умов експлуатації свердловини. Фільтри з гравійною набивкою почали інтенсивно використовувати на багатьох нафтових промислах. Вони особливо ефективні в свердловинах, в яких видобувається разом із нафтою вода [9].

В якості матеріалу для гравійної набивки найбільш звичним є природний пісок, але це не єдиний матеріал, який використовується [4]. При використанні піску можуть мати місце два механізми його руйнування: хімічне розчинення кремнезему гарячими високоп'язними рідинами (особливо на родовищах, де застосовується запомповування пари для видобування нафти) і дроблення його, яке супроводжується утворенням дрібних уламків, що колюматують гравійне набивання.

Як гравійні набивання можуть бути використані без яких-небудь ускладнень і такі матеріали: а) силіконові матеріали – спеціальні приготвлені піски, піски із зовнішнім покриттям (молібденом, графітом або епоксидною смолою) і силікати (скляні кульки, карборунд і гранат); б) алюмінієві матеріали – спечений боксит, корунд; в) вуглецеві матеріали – антрацит.

Добрим матеріалом для гравійної набивки є такий, який містить кремній. Це особливо важливо для пластів, які містять сильно мінералізовану воду [34].

Гравій, який використовується для гравійної набивки, повинен бути чистим, з досить круглими, гладкими і однорідними зернами. Такі характеристики гравію сприяють збільшенню проникності і пористості набивки [34].

Розмір частинок гравію при виконанні гравійної набивки вибирають так, щоб запобігти надходженню піску із пласта у свердловину [35].

У США під час вибору розміру зерен гравію для набивки, а також фільтра, зазвичай, керуються наступними міркуваннями [36]: частинки гравію повинні бути не більше, ніж в 5-6 разів більшими пластових частинок, з винесенням яких ведеться боротьба; фільтр повинен

ефективно затримувати найдрібніші частинки гравію; для гравійної набивки бажано використовувати гравій з округлими зернами.

У процесі проектування гравійного фільтра необхідно враховувати щільність перфораційних каналів поряд з проникністю гравійної набивки і потенційну продуктивність пласта передбачуваним способом експлуатації [36].

Для гравійного набивання використовують пісок з розміром зерен 0,84-1,67 мм. Коли із свердловини виноситься пісок з вмістом дрібних фракцій в кількості 5% і більше, для набивання використовують дрібний пісок з розміром зерен 0,42- 0,84 мм [4].

Хімічна підготовка пласта для створення гравійної набивки включає багаточисельні процеси і визначається індивідуальними характеристиками конкретної свердловини.

Спочатку використовували просту технологію створення гравійної набивки – гравій запомповували із водою [37]. Оскільки допустима концентрація гравію у воді становила  $120 \text{ кг/м}^3$ , у свердловину запомповували великі об'єми води, щоб забезпечити перенесення на вибір достатньої кількості гравію. У цих умовах у пласт поступав значний об'єм води, що викликало погіршення проникності для нафти і газу у привибійній зоні. Недоліком використання води в якості рідини-носія була також висока швидкість запомповування, яку необхідно підтримувати для попередження вільного осідання гравію і закупорювання колони НКТ.

У даний час використовують дуже в'язкі рідини, здатні переносити гравій у високих концентраціях. Перевага цього методу – збереження чистоти пласта. Оскільки із загущеного розчину гравій швидко не осідає, запомповування суспензії у свердловину можна виконувати із малою швидкістю. Отже, менша кількість потенційно забруднюючих речовин проникає в пласт [37].

У вітчизняній практиці накопичено позитивний досвід використання фільтрів з гравійною набивкою для запобігання піскопроявлень (РД 39-1-1113-84, НПО "Союзпермнефть"). Технологія випробувана на родовищах Казахстану і Азербайджану і дозволила в 5-10 разів зменшити надходження механічних частинок у видобувні свердловини і в 2-3 рази збільшити міжремонтний період роботи свердловини [38].

Фільтр типу ФСК-ПГ з гравійної набивкою запобігає надходження піску в процесі експлуатації свердловин з нестійкими колекторами. Конструкція фільтра передбачає можливість його експлуатації без зовнішнього гравійного засипання [6].

Методи намівання гравійних набивок з використанням продувального і здвоєного фільтрів детально розглянуті в роботі [39].

Широко використовують попередньо напружені фільтри, що розширюються [3]. Такі фільтри характеризуються більш щільним запаковуванням зерен гравію та ефективніше запобігають руйнуванню привибійної зони пласта у процесі експлуатації свердловини. Згідно з даними, наведеними в роботі [3], при викорис-

танні свердловинних напружених фільтрів не реалізується механізм руйнування пласта на пругах зсуву і розтягу.

Один з підходів зі створення гравійних набивок у горизонтальних свердловинах полягає у використанні мінералізованої води в якості носія гравію. Системи такого типу часто називають альфа-бета системами. У таких системах використовують малов'язкий сольовий розчин для перенесення гравію в кільцевий простір з регульованою швидкістю потоку, що запобігає передчасному "дюновидному" скупченню гравію. Проблеми, які виникають при реалізації цього методу, пов'язані з перепомповуванням сольового розчину із перенесенням гравієм на всьому шляху від гирла до вибою горизонтальної свердловини і назад. Ця проблема може бути вирішена шляхом використання спеціальних або попередньо заповнених гравієм свердловинних фільтрів в якості резервних.

Відомий ще один підхід зі створення гравійних набивок в горизонтальних свердловинах, який полягає у використанні спеціальних інструментів у поєднанні з в'язкою несучою рідиною. Такою рідиною гравій переноситься більш ефективно, з меншим ризиком утворення "гравійних дюн" і збільшення ймовірності повного заповнення всього кільцевого простору від гирла до вибою свердловини [35].

Якщо у вертикальних свердловинах витрати на створення гравійного фільтра не перевищують, як правило, 10 % вартості свердловини, то у свердловинах з горизонтальною ділянкою стовбуру, протяжність якого в 10-30 разів перевищує товщину продуктивного пласта, витрати на ці роботи співставимі з вартістю буріння свердловини і не завжди дають очікувані результати. Цю обставину необхідно враховувати при проектуванні закінчення горизонтальних свердловин з встановленням гравійних фільтрів [10].

**Складні фільтри.** Там, де щільні та дрітні фільтри не можуть затримувати частинки тонкозернистого піску, широко розповсюдженим і ефективним способом затримування піску є використання щільних фільтрів із зовнішнім гравійним обсіпанням [4]. Гравій запобігає надходженню пластового піску, стабілізуючи та підтримуючи поверхню каверни в пласті і не даючи піску рухатися. Затримування піску забезпечується правильним підбором діаметру порових проходів у гравійному масиві відповідно до діаметру частинок пластового піску.

Багатошарові дрітні фільтри здатні затримувати тонкий пластовий пісок без зовнішнього гравійного обсіпання [4]. Багатошарові дрітні фільтри мають декілька шарів дрітної обвиття, причому кожний наступний шар від зовнішнього до внутрішнього має зазор, що зменшується, між витками. Призначення багатошарового фільтра полягає в тому, щоб затримувати частинки більшого розміру в зовнішніх шарах, а дрібніші – у внутрішніх. Таким чином, у фільтрі відбувається селективне відділення великих фракцій піску, які ще й виконують роль гравійної набивки.

Для підвищення ефективності багатошарового фільтра рекомендують встановлювати над ним при опусканні в свердловину НКТ щільний фільтр ФС-1 (патент РФ №2096589), який складається з НКТ з муфтою, насадок з наскрізними трапецієдальними пазами, в яких передбачені вузькі щілини розміром від 0,1 мм і більше на вході газу всередину фільтра [40].

На Анастасіївсько-Троїцькому родовищі ОАО "Роснефть-Краснодарнефтегаз" впроваджено технологію встановлення протипісочних трапецієдальних дрітних фільтрів з намиванням гравійно-піщаного фільтра. Після проведення ремонтних робіт у свердловині і визначення приймальності на завершальному етапі проводиться намивання в зону фільтра грубозернистого відмитого піску (фракційний склад 0,615 – 0,8 мм).

Використання сітчастих фільтрів або хвостовиків з щільними отворами для обмеження винесення піску із пласта у свердловину широко поширено у світовій практиці, а засипання гравію навколо сітчастого фільтра забезпечує ряд додаткових переваг. Гравійна набивка часто створюється для того, щоб збільшити розмір частин і проникність матеріалу в зоні, яка безпосередньо прилягає до сітчастого фільтра у свердловині. Після визначення розміру частинок гравію для запобігання винесення піску із пластів можна оцінити розмір отворів сітки, яка необхідна для утримання частинок гравію. Основні задачі створення гравійної набивки – збільшення продуктивності свердловин, зменшення винесення із пласта піску і дрібнодисперсного матеріалу через сітку, а також зменшення швидкості утворення осаду на стінках труб при використанні сітчастих фільтрів з великими отворами [34].

Одне з найбільш успішних досягнень останнього часу в області технології піщаних фільтрів є фільтр "Stratacoil", конструкція якого базується на пористій металевій мембрані, спеціально розробленій для фільтрації [41]. Фільтр "Stratacoil" забезпечує регулювання надходження піску як із застосуванням гравійного фільтра, так і без нього. Основна конструкція складається із перфорованої труби з дренажним шаром, виконаним з дрітної сітки і трьох незалежних наварених шарів пористої металеві мембрани. Другий шар металічної сітки намотаний поверх шарів мембрани. В якості захисного зовнішнього корпусу використана зовнішня оболонка з перфорованої вуглецевої сталі. Міцна конструкція дає змогу фільтру в процесі експлуатації зберігати механічну цілісність і водночас ефективно затримувати пісок. Перевага використання піщаного фільтра замість проведення повного підземного ремонту виявилася досить значною.

Практика свідчить, що трубні фільтри недостатньо ефективні, оскільки за дуже малих отворів вони забуваються піщинками і в результаті цього створюють великий опір потоку з пласта, а за більших отворів – не затримують піщинок. Металокерамічні фільтри не мають належної міцності проти ударів і можуть

розтріскуватися і руйнуватися, особливо під час опускання у свердловину [4].

Найбільш ефективним і перспективним механізмом способом запобігання піскопроявам є створення гравійних фільтрів. Ефективність роботи гравійного фільтра, поряд з конструкцією і вибором гравійного матеріалу, визначається технологією його встановлення, зокрема велике значення має вибір рідини-носія [10].

Кристалічний кварцовий гравій – матеріал, який найчастіше використовується для боротьби з винесенням пластового піску. Він ідеально підходить для цих цілей завдяки низькій вартості, слабкій розчинності в кислоті, значній міцності, а також високій сферичності та обкочуванню зерен. Ці властивості визначають при дослідженні і ретельно контролюють, оскільки від якості гравійного матеріалу залежить експлуатаційна характеристика свердловини [27].

Закінчування свердловин із створенням гравійного фільтра в необсадженому продуктивному інтервалі, складеному слабкоцементованими пісковиками, визнано найбільш ефективним методом запобігання піскопроявам і забезпечення тривалої експлуатації високодебітних свердловин без зниження їх продуктивності і зупинок на ремонт [10].

Гравійні фільтри достатньо довговічні – термін експлуатації фільтрів становить 5 років [42]. Недоліком гравійних фільтрів є зниження продуктивності свердловин (через утворення непронижного масиву між фільтром і стінкою свердловини) і складність вилучення фільтрів на поверхню [19].

Наведені матеріали свідчать про велику кількість трубних і гравійних фільтрів, які застосовують у свердловинах для запобігання надходження піску із пласта у свердловину. Найбільший інтерес представляють гравійні фільтри, серед них попередньо напружений гравійний фільтр з нагнітанням рідини-носія з гравієм безпосередньо у пласт. Науковий і практичний інтерес представляє оцінка впливу на продуктивність свердловини розміру попередньо розмитої і заповненої гравієм привибійної зони пласта, що являється предметом подальших досліджень.

### Література

- 1 Гасумов Р. Предупреждение слипания влажного песка при сооружении гравийного фильтра в газовой среде / Р. Гасумов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2009. – №9. – С.37–39.
- 2 Копей Б.В. Використання захисних пристроїв при винесенні піску в процесі штангово-насосної експлуатації нафтових свердловин / Б.В. Копей, О.О. Кузьмін // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – №4. – С.10–12.
- 3 Пятахин М.В. Напряженный фильтр для стабилизации призабойной зоны скважин / М.В. Пятахин // Газовая промышленность. – 2004. – №11. – С.64–68.
- 4 Эксплуатация свердловин у нестійких колекторах [Текст] : Монографія / В.С. Бойко, І.А. Франчук, С.І. Іванов, Р.В. Бойко. – Київ, 2004. – 400 с. – ISBN 966-694-012-4.
- 5 Ахметов А.А. Капитальный ремонт скважин на Уренгойском месторождении. Проблемы и решения [Текст] / А.А. Ахметов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. – 219. – ISBN 5-7831-0383-7.
- 6 Штурн Л.В. Отечественные фильтры для заканчивания скважин / Л.В. Штурн, А.А. Кононенко, С.О. Денисов // Территория нефтегаз. – № 6. – 2010. – С.57–61.
- 7 Юргенс Х. Применение одноконтурных проволочных фильтров / Х. Юргенс, З. Невигер // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2009. – №9. – С.40–43.
- 8 Бурштейн М.А. Анализ динамики и причины пескований горизонтальных скважин пласта АС<sub>4-8</sub> Федоровского месторождения / М.А. Бурштейн, Г.Г. Гиляев, А.Т. Кошелев, А.В. Цыбин, Б.Р. Саркисян, Н.Л. Щавелев, Г.Т. Вартумян // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2003. – №1. – С.11–15.
- 9 Апрель А.М. Управление выносом песка при добыче нефти / А.М. Апрель // Научные труды. – 2012. – №3. – С.59–62.
- 10 Басарыгин Ю.М. Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при их строительстве и эксплуатации [Текст] : [справ. пособие] : у 6 т. / Ю.М. Басарыгин, В.Ф. Будников, А.И. Булатов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – Т. 5. – 2006. – 431 с.: ил., табл.. – ISBN 5-8365-0156-4.
- 11 Зотов Г.А. Эксплуатация скважин в неустойчивых коллекторах [Текст] / Г. А. Зотов, А. В. Динков, В. А. Черних. – М. : Недра, 1987. – 172 с.
- 12 Безкаркасні фільтри виробництва ООО “ЛЭМЗ” <http://lemz.com.ua/ru/node/337>.
- 13 Борицько Е.В. Анализ современных механических способов предотвращения выноса пластового песка в скважинах подземных хранилищ газа / Е.В. Борицько // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2010. – №3. – С.68–71.
- 14 Щілінні фільтри <http://www.ngpedia.ru/id562753p1.html>.
- 15 Близиюков В.Ю. Методы предупреждения и ликвидации пескопроявления в добывающих скважинах / В.Ю. Близиюков, А.Г. Гиляев, Р.Ф. Исламов, З.Х. Моллаев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – №9. – С.15–21.
- 16 Дротяні фільтри <http://www.ngpedia.ru/id562446p1.html>.
- 17 Арестов Б.В. Проволочный скважинный фильтр для предотвращения выноса песка / Б.В. Арестов, С.Н. Бузинов, В.В. Макеев, А.А. Ковальчук // Газовая промышленность. – 1988. – №2. – С.18–19.
- 18 Аржанов Ф.Г. Применение противопесочных фильтров в скважинах IV горизонта Анастасиевско-Троицкого месторождения / Ф.Г. Аржанов, И.И. Маслов, В.И. Репин,

В.С. Свиридов // Нефтепромысловое дело. – 1981. – №10. – С.35-39.

19 Ледков А.О. Выбор забойных фильтров добывающих скважин Ванкорского месторождения / А.О. Ледков // Научные исследования и инновации. – 2011. – №1. – С.99-102.

20 Сітчастий фільтр PoroMax www.halliburton.com.

21 Василевський Л.В. Скважинные фильтры из лавсана / Л.В. Василевський // Газовая промышленность. – 1980. – №10 – С.24.

22 Кулиев С.М. Гравийные фильтры и опыт их применения на нефтяных промыслах [Текст] / С.М. Кулиев. – Баку : Азнефтеиздат, 1951. – 122с.

23 Павковская Е.И. Металлокерамические фильтры [Текст] / Е.И. Павковская., Б.Ф. Ширяев. – М. : Недра, 1967. – 164 с.

24 Gordon R. Оптимизация добычи при помощи самоочищающегося песчаного фильтра / R. Gordon, M. Curtis // Нефтегазовые технологии. – 2010. – №2. – С.34-37.

25 Арестов Б.В. разработка и исследование техники и технологии создания гравийных фильтров в скважинах [Текст] : дис. канд. техн. Наук : 21.12.87 / Арестов Борис Викторович. – Москва, 1987. – 175 с.

26 Паникаровский Е.В. Ликвидация пескопроявлений при эксплуатации скважин / Е.В. Паникаровский, В.В. Паникаровский, Я.Б. Бельтиков // Нефть и газ 2011. – №4. – С.50-54.

27 Коуколз Б. Оптимизация выбора материалов для гравийных фильтров / Б. Коуколз // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – 1993. – №6. – С.14-19.

28 Кондрат Р.М. Особливості розробки та експлуатації Архангельського газового родовища і шляхи підвищення ефективності видобування газу та коефіцієнта газовилучення / Р.М. Кондрат, М.Б. Харитонов, О.Р Кондрат, П.П. Мельничук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №2. – С.66-69.

29 Белько Ю.А. Борьба с выносом песка на месторождении Кенкияк / Ю.А. Белько, И.М. Маслов, А.Д. Гритчин и др. // Нефтепромысловое дело. – 1979. – №2. – С.17-19.

30 Способы предупреждения образования песчаных пробок на забоях газовых скважин [Текст] : материалы XII регион. науч.-техн. конф., Ставрополь, 2008г. – Ставрополь : Сев-КавГТУ, 2008. – 298с.

31 Пат. 2393339 Российская Федерация, МПК Е 21 В 43/04. Способ создания гравийного фильтра в скважине Текст / Четверик А.Д., Климовец В.Н., Фёдоров Ю.К.; заявитель и патентообладатель Четверик А.Д., Климовец В.Н., Фёдоров Ю.К. – №2009112893/03; заявл. 06.04.2009; опуб. 27.06.2010.

32 Установка гравийных фильтров <http://www.cttimes.org/technology/koltyubingovye-tehlonogii-spravochnik-spetsialista/ustanovka-graviinyh-filtrov>.

33 Игнатьев А.И. Оптимизация процесса намыва гравийных фильтров / А.И. Игнатьев, А.Е. Леонтьев, Ю.Н. Садиков, Х.Н. Шульгин // Газовая промышленность. – 1983. – №5. – С.31-32.

34 Чжан Ю. Создание гравийных набивок на промыслах Китая / Ю. Чжан // Нефть газ и нефтехимия за рубежом. – 1981. – №4. – С.30-34.

35 Спарлин Д.Д. Предотвращение выноса песка в горизонтальные скважины / Д.Д. Спарлин // Нефтегазовые технологии. – 2005. – №12. – С.44-48.

36 Борьба с пескопроявлениями // Нефтяная промышленность. Сер. нефтепромысловое дело. – М.: ЭИ ВНИИОЭНГ, 1984. – №1. – С.17-20.

37 Варгас Л. Борьба с выносом песка / Л. Варгас // Нефть, газ и нефтехимия. – 1982. – №10. – С.25-28.

38 Состояние и развитие работ в области крепления призабойной зоны пескопроявляющих скважин / В.М. Строганов, В.И. Дадыка, Г.Г. Гилаев и др. – НИТПО: Наука. – 2004.

39 Пайкоу Р.А. Современные операции по борьбе с выносом песка / Р.А. Пайкоу // Нефтегазовые технологии. – 2004. – №2. – С.31-36.

40 Юрьев В.А. Нетрадиционный способ крепления призабойной зоны / В.А. Юрьев, Ю.М. Басарыгин, В.Ф. Будников и др. // Газовая промышленность. – 2004. – №11. – С.30-31.

41 Шнкур Д.Х. Применение песчаного фильтра, спускаемого на канате, сокращает расходы на подземный ремонт скважины / Д.Х. Шнкур // Нефтегазовые технологи. – 1997. – № 1. – С.40-41.

42 Ясашин А.М. Ликвидация песчаных пробок в нефтяных скважинах [Текст] / А.М. Ясашин. – М. : Недра, 1964. – 150 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
08.04.14*

*Рекомендована до друку  
професором Коцкуличем Я.С.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором Дорошенком В.М.  
(управління геології і розробки родовищ  
нафти і газу ПАТ «Укрнафта», м. Київ)*